

A. K. MOSKATOVAGosudarstvennyj Central'nyj
institut fizičeskoj kul'tury, Moskva

Preliminarno saopćenje

UDC 573.2:796.071.2–053.2/7

Primljeno 7. 9. 1985.

**GENETSKA UVJETOVANOST ISPOLJAVANJA
FUNKCIONALNIH MOGUĆNOSTI ORGANIZMA
MLADIH SPORTAŠA**

genetika / fenotip / genotip / funkcionalne sposobnosti / fizički razvoj / omladina / DNK / blizanci

Na temelju razmatranja rezultata nekoliko istraživanja smatra se da postoji nekoliko genetski uvjetovanih faktora koji ograničavaju funkcioniranje fizioloških sistema dječjeg organizma i fizičke mogućnosti mladih sportaša. To su individualnost procesa sazrijevanja, stupanj reaktivnosti pojedinih fizioloških sistema na djelovanje faktora sredine, različito vrijeme morfološkog sazrijevanja pojedinih fizioloških sistema, genetski kontrolirani intenzitet metaboličkih procesa i genetski regulatorni mehanizmi zaduženi za očuvanje funkcionalnih rezervi organizma.

Specifičnost adaptacije na mišićnu aktivnost u različitim razdobljima ontogeneze određena je promjenama međusobnih odnosa dvaju bioloških procesa. Prvi je proces prirodno morfofunkcionalno sazrijevanje organizma koje se odvija pod strogom genetskom kontrolom i koje osigurava njegovu sposobnost za život. Radi se o ireverzibilnom bazičnom procesu, koji čini osnovu individualne razine biološke zrelosti organizma. Drugi je proces – proces adaptativnih promjena karakteristika i svojstava organizma, koji ovisi o jačini njegove reakcije; on uvjetuje stvaranje fenotipa fizičkog razvoja i razvija se pod utjecajem svrsishodnih fizičkih opterećenja. Adaptativne promjene organizma djeteta, njegovih fizičkih svojstava, reverzibilne su, nestabilne. One ovise kako od razine njegove zrelosti tako i od vrste mišićnog opterećenja.

Međusobni odnos genotipske i adaptativne (fenotipske) prilagodljivosti varira u različitim periodima ontogeneze. Prema tome, javlja se, za praksu dječjeg sporta, važan problem, povezan s otkrivanjem genoregulacijskih faktora, koji određuju i limitiraju fenotipsku prilagodljivost organizma pod utjecajem sistematskih fizičkih opterećenja.

U svim postnatalnim fazama razvoja dječjeg organizma, koje su uvjetovane genetskim programom, promjene motoričke aktivnosti, volumena i modaliteta opterećenja mogu imati ili pozitivni ili negativni utjecaj na tok prirodnog sazrijevanja funkcionalnih sistema i cijelog organizma. Razlozi višeznačnog utjecaja fizičkog opterećenja na organizam u razvoju prije svega leže u:

- a) promjenama međusobnog odnosa nasljeđa i faktora okoline u različitim dobnim periodima;
- 2) promjenama adaptativnih mogućnosti dječjeg organizma povezanim sa stupnjem fiziološke zrelosti organa i receptivnog aparata, hormonalnog statusa organizma i njegovog utjecaja na genoregulacijske procese;
- 3) vremenskoj organizaciji sinteze DNK i s njom povezane regulacije kvalitativnog i kvantitativnog sastava sintetiziranih bjelančevina i vremena njihove sinteze, što određuje strukturno i energetsko snabdjevanje funkcija i potreba organizma u razvoju.

U posebnom je istraživanju na uzorku MZ i DZ bliznaca (160 parova u dobi od 4 do 21 godine) proučavan odnos nasljeđa i sredine na formiranje neurofizioloških i somatopsiholoških osobina (Ušakov i sur., 1977). Autori su otkrili da odnos između genetskih utjecaja i utjecaja sredine u procesima, koji leže u osnovi psihomotornog razvoja, razvijanja motoričkih navika i koordinacije pokreta kod djece, pokazuje zakonomjerne tendencije: od 4–6 do 7–9 godina povećava se relativni značaj genotipa u mijenjanju parametara nervne aktivnosti, od 10 do 12 godina povećava se uloga vanjskih faktora, a nakon određenog intenziviranja značaja genetskih faktora u dobi od 13 do 18 godina primjećuje se značajno smanjenje genetske kontrole u dobi od 19 do 21 godine.

Vegetativne funkcije su u razdoblju od 7 do 9 i 16 do 18 godine pod intenzivnijom genetskom kontrolom, dok u fazama genetske stabilizacije somatskih osobina, tj. od 4 do 6, od 10 do 12 i od 19 do 21 godine, vegetativne funkcije postaju osjetljivije na djelovanje egzogenih faktora.

U dobi od 13 do 15 godina, zbog specifičnosti endokrinih promjena, genoregulatorni mehanizmi nalaze se u posebnom odnosu s neuroendokrinim sistemom, pa je stoga teško ocijeniti njihov neposredni udio u razvoju vegetativnih funkcija. Usporedba nekih funkcionalnih pokazatelja mladih sportaša i učenika koji se ne bave sportom, pokazuje izraženi utjecaj sportskog treninga na vegetativne funkcije i na fizičke sposobnosti upravo u razdoblju adolescencije.

Općenito, promjene u stupnju povećanja funkcionalnih sposobnosti mogu se tumačiti ne samo kao posljedica sportskog treninga, već i kao posljedica zakonomjerne promjene osjetljivosti fizioloških sistema na djelovanje treninga u različitim dobnim periodima. Tako je u dobi od 7 do 9 godina, kada utjecaj sredine još ne predstavlja odlučujući faktor, a udio genotipa u promjeni osobina je najveći, razlika između mladih sportaša i nesportaša, što se tiče funkcionalnih mogućnosti i fizičke sposobnosti, neznatna.

Analiza porasta funkcionalnih pokazatelja, kao odraz utjecaja treninga mladih sportaša, pokazuje da su promjene funkcionalnih sposobnosti u sukcesivnim dobnim periodima neravnomjerne, te da je utjecaj treninga, i na

* prevod sa ruskog

pojedine fiziološke funkcije i na adaptativne sposobnosti organizma na fizička opterećenja, višeznačan.

Otkrivanje perioda ontogeneze, u kojima se mijenja relativni značaj genotipa i sredine, pa se, prema tome, ili povećava ili smanjuje limitirajuća uloga genoregulatornih procesa u intenziviranju određene funkcije, ima veliko značenje u planiranju opterećenja na treningu u toku dugogodišnje pripreme mladih sportaša.

Rezultati ranije spomenutih istraživanja blizanaca omogućuju da se predloži slijedeća periodizacija uloge genotipa u formiranju varijabiliteta fenotipa, koji određuje najvažnije parametre funkcioniranja organizma (Ušakov, 1977; Kulakov, 1984):

- I — faza primarnog smanjivanja uloge genotipa (4–6 godina), koja odgovara drugoj polovini faze pretškolske dobi;
- II — faza povećanja relativnog utjecaja genotipa (7–9 godina);
- III — faza djelomične inverzije uloge genotipa (10–12 godina), koja se poklapa s pretpubertetskim periodom,
- IV — faza kompleksne inverzije genotipa (13–18 godina), koja ustvari obuhvaća pubertet do njegovog završetka,
- V — faza sekundarnog smanjivanja uloge genotipa (19–21 godine), koja se poklapa s periodom mladenaštva i prelazom u zrelost.

Ocjenjujući predloženu periodizaciju morfo-funkcionalnih osobina, ovisno o njihovoj genotipskoj uvjetovanosti, valja imati na umu da se, kod različite djece iste kronološke dobi, početak perioda izraženog smanjivanja utjecaja genotipa i povećanja prijemčivosti na vanjske utjecaje dešava u različitim razdobljima ontogeneze, zavisno o individualnom tempu biološkog sazrijevanja organizma.

Kritični periodi ontogeneze, u toku kojih se naglo mijenjaju nasljedem uvjetovani zahtjevi organizma u razvoju prema okolini, karakterizirani su specifičnim prestrukturiranjem genoma, zbog čega se povećava nespecifična osjetljivost organizma na djelovanje fiziološkog stresa, povećava se međusobna adaptacija mehanizama organizma koji su u fazi prestrukturiranja, te adaptacija cjelokupnog organizma na nove uvjete individualnog razvoja. Također i za pojedine organe i mehanizme postoje određeni periodi senzibilizacije, što je uvjetovano diferencijalnom i heterohronom aktivnošću gena.

Pretpostavlja se da diferencijalna aktivnost gena ima vlastiti vremenski tok i da u razvoju svakog pojedinca ima svoje vremenske karakteristike (Džedda, 1971; 1976), budući da se fiziološko vrijeme razlikuje od fizičkog i određuje individualne vremenske parametre sazrijevanja, kroz koje se očituju fiziološke funkcije i razvoj cijelog organizma (Aršavski, 1982; Vojtenko, 1982).

Očito je da su za svaki pojedini organizam vremenski parametri adaptativnih promjena fizioloških funkcija njegova specifična karakteristika, koja je određena na genetskoj razini i koja, stožja, ograničava ispoljavanje funkcionalnih mogućnosti pojedinca u određenom vremenskom razdoblju.

U eksperimentima na životinjama različite dobi ustanovljeno je da se regulacija adaptativnih reakcija na razini

stanice, tkiva i organa ostvaruje pomoću nekoliko mehanizama koji reguliraju aktivnost genoma. Kod toga regulativni dio genoma, koji zauzima do 95% DNK, podliježe dobnim promjenama (Frolkis, 1981): zbiva se preraspodjela odnosa između kromatina i DNK u tkivima različitih organa, osiguravajući prilagođavanje sinteze odgovarajućih bjelančevina u skladu s energetske, plastičkim i receptornim potrebama organizma u razvoju; mijenjaju se odnosi brzine sinteze različitih grupa i vrsta RNK.

U procesu rasta mijenja se intenzitet funkcioniranja različitih organa, što se odražava na intenzitet sinteze RNK i bjelančevine, uvjetujući kvantitativne promjene DNK u jedinici mase aktivnog tkiva. Tako se, uspoređivanjem intenziteta prirodnog funkcioniranja srčanog, respiratornog i skeletnog mišića i aktivnosti njihovog genetskog aparata kod mladih životinja, otkriva neposredna povezanost tih procesa (Zak, 1962; Macumoto, Krasnou, 1968).

Pokazano je da se biosinteza bjelančevina u različitim organima mijenja heterokrono. Neravnomjernost sinteze bjelančevina u različitim tkivima i organima u granicama jednog te istog dobnog perioda dovodi do neravnomjernog strukturnog formiranja i nejednake reaktivne sposobnosti (tj. osjetljivosti tkiva na djelovanje hormona, medijatora i drugih biološki aktivnih tvari). Zbog toga funkcionalne mogućnosti pojedinih sistema bivaju ograničene, a u slučaju pojačane mišićne aktivnosti s njima povezani organi bivaju preopterećeni. Na primjer, u procesu adaptacije kardiorespiratornog sistema mladih sportaša, naročito mlađe dobi, na opterećenja tipa izdržljivosti, primjećuje se hipertrofija, uglavnom desne srčane klijetke (Šigaljevski, 1977), što je uvjetovano velikim opterećenjem respiratornog aparata, koji međutim, u toj dobi, ne osigurava potrebnu alveolarnu ventilaciju zbog malog volumena pluća i neefikasnosti funkcije disanja.

S druge strane, dobne promjene u regulaciji genoma mogu dovesti do ograničenja sinteze bjelančevina-receptora u nezrelim tkivima, smanjujući time njihovu osjetljivost na djelovanje hormona, koncentracija kojih se povećava prilikom naporne mišićne aktivnosti. Na taj način genoregulatorni mehanizmi limitiraju pretjeranu hiperfunkciju organa i funkcionalnih sistema dječjeg organizma, koja bi iscrpljivala one substrate koji su neophodni za njegov prirodan rast i razvoj.

Prema tome, genetski uvjetovanim faktorima, koji ograničavaju granice funkcioniranja fizioloških sistema dječjeg organizma i fizičke mogućnosti mladih sportaša, moguće je smatrati:

- 1) individualnu brzinu kronogenetskih procesa koji ograničavaju tempo realizacije karakteristika i svojstava kao osnove sazrijevanja fizioloških funkcija u pojedinim etapama ontogeneze i brzinu razvoja adaptacije organizma na intenzivna fizička opterećenja;
- 2) genetski ovisan raspon individualne reaktivnosti pojedinih fizioloških sistema na djelovanje vanjskih faktora, koji odgovara stupnju morfološke zrelosti i specifičnoj osjetljivosti na promjene vanjske i unutrašnje sredine organizma, uključujući i fizička opterećenja;

- 3) genetički programiranu heterokronost morfološkog sazrijevanja pojedinih fizioloških sistema, koja ograničava funkciju tih sistema u osiguravanju opće fizičke i specijalne radne sposobnosti u uvjetima intenzivne sportske aktivnosti;
- 4) genetički kontrolirani intenzitet metaboličkih procesa kojim je određena energetska i plastička potrošnja organizma, osobito u razdobljima povećane biosinteze bjelančevina kao osnove za rast i strukturno formiranje funkcija u razvoju;
- 5) genoregulatorne mehanizme koji ograničavaju aktivnost genetskog aparata samih stanica, tkiva i organa i u skladu s tim i funkcionalne rezerve organizma.

A. K. Moskatova

UDC 575:796.071.2–053.2/7
Received September 7, 1985

THE GENETIC CONDITIONS FOR EMERGENCE OF FUNCTIONAL ABILITIES OF YOUNG SPORTISTS

The relation is considered between the effect of genetic and environmental factors on the growth and development in different age periods. Based on the studies by Ushakov (1977) and Kulakov (1984), the following periodization of growth and development is proposed in relation to the changing role of the genotype in formation of phenotype variability. It has 5 stages:

- | | |
|---|-----------|
| 1. primary decrease in the role of the genotype | age 4–6 |
| 2. increase of the relative influence of the genotype | age 7–9 |
| 3. inversion of the role of genotype | age 10–12 |
| 4. complex inversion of the role of genotype | age 13–18 |
| 5. secondary decrease in the role of genotype | age 19–21 |

The author is of the opinion that there are several genetic factors limiting the functioning of physiological systems in the organisms of children and physical abilities of young sportists. According to the author, they include the individual maturation processes, the level of reactivity of individual physiological systems to environmental factors, the genetically programmed time variability of morphological maturation of individual physiological systems, the genetically controlled intensity of metabolic processes and genetically regulated mechanisms for preservation of functional reserves in the organism.

A. K. Москатова
ГЦОЛИФК
Москва

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ПРОЯВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОРГАНИЗМА ЮНЫХ СПОРТСМЕНОВ

Рассматривается взаимоотношение между влиянием генетических и внешнесредовых факторов на рост и развитие организма в различных возрастных периодах. На основе исследований Ушакова (1977) и Кулакова (1984) предлагается периодизация изменения роли генотипа в формировании вариативности фенотипа следующим образом:

- | | |
|---|-------------|
| 1. фаза первичного уменьшения роли генотипа | 4 – 6 лет |
| 2. фаза возрастания удельного веса генотипа | 7 – 9 лет |
| 3. фаза частичной инверсии роли генотипа | 10 – 12 лет |
| 4. фаза сложной инверсии роли генотипа | 13 – 18 лет |
| 5. фаза вторичного уменьшения роли генотипа | 19 – 21 лет |

Автор работы считает, что к наследственно обусловленным факторам, ограничивающим пределы функционирования физиологических систем детского организма и работоспособность юных спортсменов, можно отнести индивидуальную скорость хроногенетических процессов, индивидуальную реактивность отдельных физиологических систем на внешнесредовые воздействия, генетически программируемую гетерохронность морфологического созревания отдельных физиологических систем, генетически контролируемую интенсивность метаболических процессов и генорегуляторные механизмы, ограничивающие активность собственно генетического аппарата клеток, тканей и органов и соответственно функциональные резервы организма.

